

Primjena tekstilnog otpada za proizvodnju inovativnih geotekstila dizajniranih za sprječavanje erozije

Jan Broda
Monika Rom
Joanna Grzybowska-Pietras
Stanislawa Przybylo
Ryszard Laszczak

Institute of Textile Engineering and Polymer Materials, University of Bielsko-Biala
Bielsko-Biala, Poljska
e-mail: jbroda@ath.bielsko.pl
Prispjelo 18.9.2015.

UDK 677.08:677.017
Izvorni znanstveni rad*

Za inovativne zaštitne geotekstile dizajnirana je gruba užad, izrađena od tekstilnog otpada. Užad izrađena od različitih materijala ukopana je u tlo u vremenu od 6 mjeseci. Mehanička svojstva materijala koji su upotrijebljeni za izradu omotača, ovojnice i jezgre užadi ispitana su prije i nakon ukopavanja u tlo, analizirana su i njihova morfolološka svojstva. Utvrđeno je da se vanjska ovojnica izrađena od jute, a vanjski omotač od sisala i pamuka brzo razgrađuju. Celulozni materijal ne osigurava mahanički integritet užadi nakon ukopavanja u tlo, zbog čega nisu prikladni za ovu vrstu proizvodnje. Međutim, vuneni netkani materijal i netkani materijal od recikliranih vlakana razgrađuju se znatno sporije. Unatoč degradaciji vanjskog omotača užadi očuvan je integritet i zadržana su zaštitna svojstva u tlu tijekom više mjeseci.

Ključne riječi: geotekstili, zaštita od erozije, Kemafil uže, tekstilni otpad, biorazgradnja

1. Uvod

U proizvodnji i upotrebi tekstila i odjeće nastaju značajne količine tekstilnog otpada, koji uzrokuje ozbiljne probleme za okoliš.

Tekstilni otpad se može klasificirati u dvije kategorije: industrijski otpad i otpad nakon upotrebe. Industrijski otpad uključuje vlakna, pređe i tkanine, odnosno materijale koji nastaju tijekom proizvodnje tekstila i odjeće.

*Izlaganje na konferenciji CEC 2015 – 8th Central European Conference on Fiber-Grade Polymers, Chemical Fibers and Special Textiles, Zagreb, 16.–18. rujna 2015.

Ova kategorija otpada se rutinski vraća u proces proizvodnje. Otpad koji nastaje nakon upotrebe tekstilnog proizvoda često se sastoji od odbačene odjeće koja je oštećena ili jednostavno više ne udovoljava zahtjevima korisnika. Ova kategorija tekstilnog otpada može biti ponovno upotrijebljena, reciklirana, spaljena ili odložena na odlagalištima.

Recikliranje tekstila može biti otvorenog ili zatvorenog kruga recikliranja. Zatvoreni krug recikliranja odnosi se na izradu proizvoda koji imaju slične tržišne vrijednosti originalnom proizvodu. Nasuprot tome, otvoreni

krug recikliranja odnosi se na upotrebu recikliranih vlakana u proizvodnji drugih proizvoda s nižom tržišnom vrijednošću. Obje metode učinkovito produžuju radni vijek konstituirajućih vlakana, s mogućnošću produženja mnogo godina nakon prve faze upotrebe [1].

Otvoreni krug recikliranja je za vunu najuobičajeniji i često se koristi za proizvodnju netkanih materijala. To se postiže trganjem-razvlaknjivanjem, grebenanjem i zračnim polaganjem runa (koprane) nakon čega slijede mehaničko, termičko ili kemijsko učvršćivanje. Ovako dobiveni

materijali se upotrebljavaju za toplinsku i zvučnu izolaciju, za automobilsku ili građevinsku industriju.

Druga ideja za iskorištenje vunenog tekstilnog otpada je u proizvodnji geotekstila za sprječavanje erozije. Geotekstili od vune koji se postavljaju u tlo osiguravaju dobru zaštitu tla i povoljnu mikroklimu za nicanje sjemena. Dodatno, progresivna razgradnja ovakvih geotekstila osigurava organske tvari i nutrijente za tlo, koji poboljšavaju mikrobiološku aktivnost i ubrzavaju rast zaštitne vegetacije.

Prije nekoliko godina izumljeni su inovativni geotekstili od debelih užadi složenih u vijugavom uzorku povezanom s dodatnim vezujućim nitima, sl.1 [2].

Nepravilno položeni geotekstili su uspješno primijenjeni za zaštitu strmih padina kod cestogradnje [3].

Utvrđeno je da ovakvi geotekstili upijaju kišnicu te imaju funkciju poput sustava za pohranu vode. Užad izgrađuje mrežu malih brana koje blokiraju protok vode niz padinu i smanjuju prijenos materijala odvojenih od tla uslijed kiše. Poboljšanjem tla i zadržavanjem vode, užad pospješuje rast biljaka.

U proizvodnji užadi može se primijeniti Kemafil tehnologija [4]. Ova tehnologija je razvijena u Njemačkoj prije nekoliko desetljeća i još uvijek je u upotrebi za izradu proizvoda za različite namjene.

Tijekom mnogo godina upotrebe nekoliko puta je bila modificirana. Posljednja modifikacija omogućuje njenu primjenu za proizvodnju debelih užadi s ovojnicom – struktura slična plaštu koju se može napuniti različitim materijalima, ovijenom tankim materijalom i omotana pletenim omotačem, sl.2.

Užad dizajnirana za sprječavanje erozije može se proizvesti od različitih materijala koji su dostupni na lokalnom tržištu. Dosad se izrađivala užad punjena sijenom, slamom i otpadnom vunom. Tekstilni otpad je također prikladan za izradu ovih užadi. Netkani tekstili proizvedeni od recikliranih vlakana mogu se upotrijebiti za ovojn-

nice užadi, dok isjeckani tekstilni otpad može poslužiti kao punilo za jezgru užeta.

Geotekstili izrađeni od prirodnih vlakana, instalirani na padinama i prekriveni tlom, postupno podliježu biorazgradnji. Rezultat biorazgradnje je postupno smanjenje njihovih mehaničkih parametara. Zbog toga dolazi i do smanjenja te vremenskog ograničenja njihove mogućnosti ostvarivanja zaštitne funkcije. Vrijeme njihovog funkcioniranja mora biti dostatno za uspostavljanje prirodne vegetacije, koja preuzima funkciju zaštitne od erozije.

U istraživanju je upotrijebljena Kemafil užad ispunjena s vunom i isjeckanim tekstilnim otpadom. Za ovojnicu su upotrijebljeni različiti materijali, omotani (upleteni) različitim

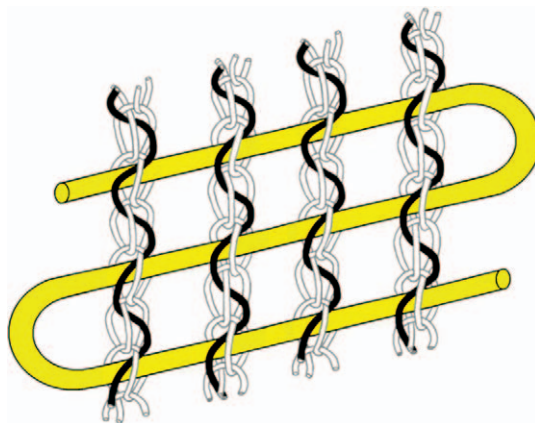
končanim predama. Tako izrađena užad je ukopana u tlo. Morfološka i mehanička svojstva materijala upotrijebljena u izradi užadi ispitana su prije i nakon odležavanja u tlu te je analiziran utjecaj biorazgradnje. Na temelju dobivenih rezultata analizirana je upotrebljivost (korisnost) materijala za proizvodnju užadi za sprječavanje erozije.

2. Eksperimentalni dio

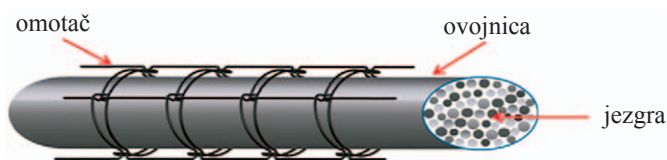
2.1. Materijali

Proizvedena su užad debljine 12 cm, ispunjena vunanim vlaknima, izrezanom otpadom od vunenog netkanog tekstila i isjeckanim tekstilnim otpadom, sl.3.

Za izradu pletenog omotača upotrijebljene su končane pređe od sisala i



Sl.1 Struktura inovativnih geotekstila



Sl.2 Struktura Kemafil užeta



a) b) c)

Sl.3 Materijali za ispunu užadi: a) vuna, b) otpadni netkani vuneni tekstil, c) isjeckani tekstilni otpad

pamuka. Za ovojnici užadi upotrijebljeni su mrežasti i tkani juteni materijal, vuneni netkani tekstil učvršćen iglanjem i netkani tekstil od recikliranih vlakana. Temeljni parametri materijala upotrijebljenih u izradi užadi prikazani su u tab.1.

Užad je ukopana u neutralno lokalno tlo (pH 7.2) u jesen, na kraju vegetacijske sezone, te su u tlu odležali 6 mjeseci, sl.4. Na početku je prosječna dnevna temperatura zraka bila oko 10 °C. Poslije je tijekom 3. i 4. mjeseca bilo nekoliko ledenih dana, temperatura je bila ispod 0 °C. Kasnije je došlo do ponovnog podizanja tempe-

rature iznad 0 °C. Tijekom nekoliko tjedana tlo je bilo pokriveno snijegom.

2.2. Metode

Užad je vizualno proučavana prije i nakon odležavanja od 6 mjeseci u tlu. Određeni su temeljni geometrijski i mehanički parametri materijala upotrijebljenih u izradi užadi. Mjerena su duljinska masa, čvrstoća, prekidno istezanje končanih pređa prema normama PN-P-04653:1997 i PN-EN ISO 2062:1997. Debljina, plošna masa, prekidna čvrstoća i prekidno istezanje plošnih materijala određeni

su prema normama PN-EN ISO 9863-1:2007, PN-EN ISO 9864:2007 i PN-EN ISO 10319:2010. Mehanički parametri su određivani u smjeru osnove i potke, odnosno u uzdužnom i poprečnom smjeru. Za mjerenje debljine primijenjen je uređaj za mjerenje debljine geotekstila ZAN/95, a za čvrstoću kidalica KS50 Hounsfield opremljena sa širokim klemama za uzorke širine 0,2 m.

Dodatno su određeni osnovni parametri za karakterizaciju geotekstila, statička i dinamička otpornost na probijanje. Mjerenja su provedena prema normama PN-EN ISO 12236:2006 i PN-EN ISO 13433:2006.

3. Rezultati

Na sl.5 prikazane su fotografske snimke uzoraka užadi prije i nakon šestomjesečnog odležavanja u tlu. Uzorak ovijen jutenom mrežom i jutenom tkaninom bio je jako oštećen,

Tab.1 Parametri materijala upotrijebljenih za izradu užadi

Materijal	Debljina [mm]	Plošna masa [g/m ²]
Tkanina od jute	1.1 ± 0.02	287.0 ± 4
Mreža od jute	1.1 ± 0.04	105.0 ± 3
Vuneni netkani tekstil	5.8 ± 0.2	406.0 ± 15
Netkani tekstil od recikliranih vlakana	3.0 ± 0.4	265.0 ± 10



a)



b)

Sl.4 Uzorci ispitivane užadi: a) prije ukapanja u tlo, b) nakon 6 mjeseci



a)



b)

Sl.5 Uzorci užadi nakon odležavanja u tlu s ovojnicom od: a) jutene mreže i tkanine, b) nekanog tekstila od vune i recikliranih vlakana

sl.5a. Jutena mreža i jutena tkanina je na mnogo mjesta bila potpuno razorena. Slično juti, kod uzoraka s omotačem načinjenim od sisala i pamuka uočavaju se značajna oštećenja. Omotač koji treba osigurati mehaničku čvrstoću užadi mjestimično je rastrgan.

Nakon šestomjesečnog odlaganja konci koji tvore omotač i materijal koja oblikuje ovojnicu više ne osiguravaju mehaničku kohezivnost užadi. Užad se lako razdvaja i potpuno raspada i kod vrlo malog mehaničkog utjecaja.

Za razliku od uzoraka ovijenih jutenom tkaninom, uzorci ovijeni vunanim netkanim tekstilom i netkanim tekstilom od recikliranih vlakana pokazali su dobru koheziju, sl.5b. Una-

toč destrukciji vanjskog omotača izrađenog od pamuka i sisala, užad zadržava mehanički integritet (cjelovitost). Ovojnica i dalje dosta dobro štiti jezgru užadi.

U tab.2 su prikazani mehanički parametri konaca od pamuka i sisala, određivani prije i nakon odlaganja, odnosno odležavanja u tlu. Nakon šest mjeseci odležavanja u tlu pamučni konac se razgrađuje i nije bilo moguće odrediti mehaničke parametre. Kod konca od sisala zabilježeno je veliko smanjenje čvrstoće. Zbog razgradnje sisala vlačna čvrstoća konca se smanjuje više od 90 %, uz smanjenje prekidnog istezanja za 40 %.

U tab.3 prikazani su mehanički parametri za materijale od kojih je izgrađena ovojnica užadi, prije i nakon

odlaganja u tlu. Jutena mreža se nakon odlaganja u tlu raspada u rukama i nije bilo moguće odrediti mehaničke parametre. Kod jutene tkanine zabilježeno je drastično smanjenje vlačne čvrstoće od 98 %. Kod ostalih materijala promjene vlačne čvrstoće nisu bile tako velike. Vlačna čvrstoća vunenog netkanog tekstila u uzdužnom i poprečnom smjeru smanjuje se 51 %, odnosno 66 %. Kod netkanog tekstila od recikliranih vlakana vlačna čvrstoća je smanjena za 20 % u uzdužnom smjeru, a u poprečnom smjeru se povećala 55 %.

Prekidno istezanje jutene tkanine nakon odlaganja u tlu se povećava. Kod oba uzorka netkanog tekstila nakon odlaganja u tlu također se povećava prekidno istezanje. Ove povećane vrijednosti prekidnog istezanja uzoraka nakon odlaganja u tlu mogu se povezati s razgradnjom vlakana.

U tab.4 prikazane su vrijednosti statičke i dinamičke otpornosti uzoraka na probijanje. Ponovno se zbog velike razgradnje za uzorke jutene mreže nisu mogli odrediti ove vrijednosti

Tab.2 Mehanički parametri konaca upotrijebljenih za izradu omotača užadi prije i nakon odlaganja u tlu

Konac (končana pređa)	Duljinska masa [tex]	Vlačna čvrstoća [cN/tex]		Prekidno istezanje [%]	
		prije	nakon	prije	nakon
Pamuk	2328 ± 10	32.0 ± 0.3	-	14.5 ± 0.3	-
Sisal	3173 ± 13	13.1 ± 0.5	0.85 ± 0.5	4.4 ± 0.2	6.2 ± 0.2

Tab.3 Mehanički parametri materijala upotrijebljenih za izradu omotača užadi prije i nakon odlaganja u tlu

Materijal		Vlačna čvrstoća [kN/m]		Prekidno istezanje [%]	
		prije	nakon	prije	nakon
Jutena tkanina	potka	15.0 ± 0.1	0.3 ± 0.1	4.2 ± 0.6	8.0 ± 0.6
	osnova	18.8 ± 0.4	0.32 ± 0.1	4.0 ± 0.4	7.0 ± 0.6
Jutena mreža	uzdužno	3.0 ± 0.1	-	4.7 ± 1	-
	poprečno	2.8 ± 0.1	-	4.0 ± 0.1	-
Vuneni netkani tekstil	uzdužno	0.7 ± 0.1	0.34 ± 0.1	29.0 ± 3	39.0 ± 3
	poprečno	1.9 ± 0.1	0.64 ± 0.1	56.0 ± 3	55.0 ± 3
Netkani tekstil od recikliranih vlakana	uzdužno	3.3 ± 0.1	2.6 ± 0.1	29.0 ± 4	31.0 ± 3
	poprečno	0.9 ± 0.1	1.4 ± 0.1	34.0 ± 2	32.0 ± 14

Tab.4 Statička i dinamička otpornost na probijanje uzoraka materijala od kojih su izrađene ovojnice užadi, prije i nakon odlaganja u tlu

Materijal	Statička otpornost na probijanje [kN]		Dinamička otpornost na probijanje [mm]	
	prije	nakon	prije	nakon
Jutena tkanina	1.11 ± 0.1	0.05 ± 0.02	19.6 ± 0.5	28.0 ± 0.5
Jutena mreža	0.32 ± 0.1	-	46.0 ± 0.5	-
Vuneni netkani tekstil	0.15 ± 0.1	0.02 ± 0.1	20.0 ± 0.5	28.0 ± 0.5
Netkani tekstil od recikliranih vlakana	0.41 ± 0.1	0.26 ± 0.1	31.0 ± 0.5	35.0 ± 0.5

nakon odlaganja u tlu, već samo prije odlaganja. Za ostale materijale, nakon odlaganja u tlu zabilježeno je smanjenje statičke otpornosti na probijanje, a povećanje dinamičke otpornosti na probijanje.

Najmanje promjene, statičke otpornosti na probijanje od 36 % i dinamičke otpornosti na probijanje od 13 %, zabilježene su kod uzoraka od netkanog tekstila od recikliranih vlakana. Vrijednosti dobivene kod uzoraka od

vunenog netkanog tekstila su usporedive s vrijednostima dobivenim za uzorke jutene tkanine. Kod njih su statičke otpornosti na probijanje drastično smanjene (za oko 90 %) na vrlo niske vrijednosti.

Smanjenje statičke otpornosti na probijanje je u vezi sa slabljenjem materijala uzrokovanog biorazgradnjom. Povećanje dinamičke vrijednosti otpornosti na probijanje kod uzoraka nakon odlaganja je najvjerojatnije povezano s njihovim začepeljivanjem s česticama tla.

4. Zaključak

Tijekom odlaganja uzoraka užadi došlo je do njihove biorazgradnje. Unatoč niskim temperaturama i zimskom vremenu biorazgradnja materijala od jute se odvijala brzo, odnosno došlo je do njihove razgradnje u razdoblju od šest mjeseci. U ispitivanom razdoblju slična razgradnja uočena je i kod uzoraka konaca od pamuka i sisala. Biorazgradnja je dovela do značajnog smanjenja mehaničkih parametara, čak i do njihovog potpunog razaranja. Juta, sisal i pamuk odbačeni su u izradi užadi zbog njihove

čvrstoće, dobre dimenzijske stabilnosti, visokog kapaciteta apsorpcije vlage, uz nižu cijenu, dostupnost te biorazgradljivost.

Sa stajališta proizvodnje geotekstila dizajniranog za sprječavanje erozije, vrijeme biorazgradnje ovih materijala je prekratko. Odnosno, biorazgradnja se odvija prebrzo zbog čega se ne osigurava mehanička stabilnost užadi dovoljno dugo da se razvije vegetacija koja bi preuzela funkciju stabilizacije tla od geotekstila.

Znatno sporija biorazgradnja odvija se kod uzoraka od vunenog netkanog tekstila i netkanog tekstila od recikliranih vlakana. Smanjenje vlačne čvrstoće ovih materijala je znatno manje, očuvan je integritet užadi i nakon šest mjeseci odlaganja u tlu, zbog čega zadržavaju njihovu zaštitnu funkciju znatno dulje, što bi trebalo biti dovoljno da se uspostavi zaštitna vegetacija na padinama sa svrhom sprječavanja erozije. (Prevela A. Vinčić)

Zahvala

Autori izražavaju zahvalnost na financijskoj pomoći konzorcija ERANET-CORNET u sklopu međunarod-

nog istraživačkog projekta PROGEO Sustainable erosion protection by geotextiles made of renewable resources including innovative manufacturing and installation technology. DZP/CORNET-16/628/2014.

Literatura:

- [1] Russell S.J., P. Swan, M. Trebowicz, A. Ireland: Review of wool recycling and reuse. Proceedings of the 2 nd International Conference on Natural Fibers, Figueiro, R. (Ed.), pp. 1-21, ISBN 978-989-98468-4-5, Sao Miguel Azores, April 2015, Universidade of Minho, Gumaires, (2015)
- [2] Helbig R., R. Arnold, H. Erth, T. Roess, W. Hevert, H. Lischkowitz: New technologies for manufacturing extra coarse rope-like biodegradable geotextiles, *Technische Textilien* 49 (2006) 4, pp. 185-187, pp. 244-247
- [3] Seeger M.: *Knitting International*, 115 (2009) 1373, pp. 28-31. ISSN 0266-8394
- [4] Arnold R., A.M. Bartl, E. Hufnagl: Production of cord and narrow fabric products with Kemafil technology, *Band- und Flechtindustrie* 30 (1993), pp. 4-10, ISSN 0005-4925

SUMMARY

Application of textile wastes for the production of innovative geotextiles designed for erosion control

J. Broda, M. Rom, J. Grzybowska-Pietras, S. Przybylo, R. Laszczak

The coarse ropes designed for production of innovative protective geotextiles were obtained. For the production of ropes textile wastes were used. The ropes made from different materials were buried in the soil for six months. The mechanical parameters of materials forming the sheath and cover of the ropes before and after ground disposal were measured and morphology of the ropes were analysed. It was revealed that jute fabrics used as rope covers as well as sisal and cotton twine used for the formation of outer sheath degrade quickly. Cellulosic materials do not ensure the mechanical integrity of the ropes after ground disposal and are not suitable for the production thereof. On contrary, the wool nonwoven and nonwoven produced from recycled fibres biodegrade much slower. Despite of the degradation of outer sheath the ropes keep their integrity and may maintain their protective function in the ground for several months.

Key words: geotextiles, erosion protection, Kemafil rope, textile waste, biodegradation

Institute of Textile Engineering and Polymer Materials, University of Bielsko-Biala

Bielsko-Biala, Poland

e-mail: jbroda@ath.bielsko.pl

Received September 18, 2015

Einsatz von Textilabfällen zur Herstellung von Innovativen Geotextilien für die Erosionskontrolle

Für die Herstellung von innovativen Schutzgeotextilien entwickelte Grobseile wurden erstellt. Für die Herstellung von Seilen wurden Textilabfälle verwendet. Seile aus verschiedenen Materialien wurden im Boden für sechs Monate eingegraben. Die mechanischen Parameter der Materialien, die die Hülle und Abdeckung der Seile vor und nach der Bodenentsorgung bilden, wurden gemessen. Die Morphologie der Seile wurde analysiert. Es zeigte sich, dass als Seilabdeckungen eingesetzte Jutegewebe sowie für die Bildung von Außenhülle eingesetzter Sisal- und Baumwollzwirn schnell abbauen. Zellulosematerialien sichern die mechanische Integrität der Seile nach der Bodenentsorgung nicht und sind für deren Herstellung nicht geeignet. Ganz im Gegenteil, Wollvliesstoffe und aus recycelten Fasern hergestellte Vliesstoffe werden biologisch viel langsamer abgebaut. Trotz des Abbaus der äußeren Hülle erhalten die Seile ihre Integrität und ihre Schutzfunktion im Boden mehrere Monate lang aufrecht.